

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

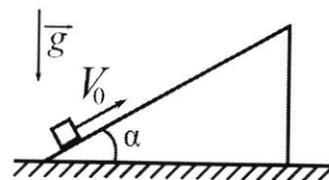
1. Фейерверк массой $m = 1 \text{ кг}$ стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3 \text{ с}$ разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва $K = 1800 \text{ Дж}$. На землю осколки падают в течение $\tau = 10 \text{ с}$.

1) На какой высоте H взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени τ осколки будут падать на землю?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол α такой, что $\cos \alpha = 0,6$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость V_0 (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2 \text{ м}$. Масса клина в два раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.

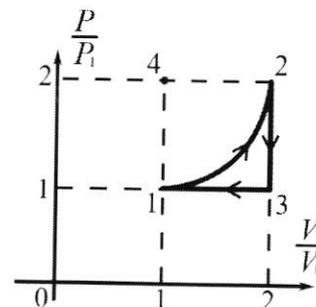
2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

3. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите ускорение a модели.

2) Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,8$, радиус сферы $R = 1 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление P_1 и объём V_1 .



1) Какое количество Q теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

5. Заряд $Q > 0$ однородно распределен по сфере радиуса R . В первом опыте на расстоянии $3R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом $q > 0$.

1) Найдите силу F_1 , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд q однородно распределяют по стержню длины R , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии $3R$ от центра.

2) Найдите силу F_2 , с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Явлениями поляризации пренебрегите.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

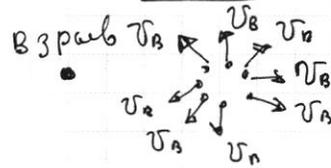
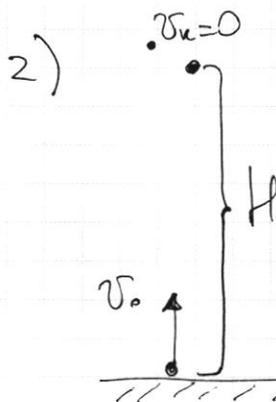
Задача 1.

$m = 1 \text{ кг}$
 $T = 3 \text{ с}$
 $E_{\Sigma} = K = 1800 \text{ Дж}$
 $\tau = 10 \text{ с}$

считаю, что τ — время от падения взрыва ракеты первого до падения осколка.

2) t — ?
1) H — ?

1) Т.к. скорость в высшей точке полета равна 0 и работа взрыва мгновенна $\Rightarrow H = \frac{gT^2}{2} = 45 \text{ м}$



$v_{в}$ — скорость осколка сразу после взрыва.

Если от взрыва до падения последнего осколка прошло τ , рассмотрим движение осколка, который полетел верт. вниз и того, который полетел верт. вверх.

Вниз: $H = v_{в} t_{в} + \frac{g t_{в}^2}{2}$
 $H = v_{в} t_{н} + \frac{g t_{н}^2}{2}$
 $t_{н} - t_{в} = \tau$

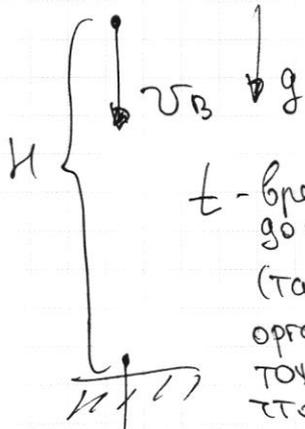
$t_{в}$ — время падения осколка, полетевш. вниз
 $t_{н}$ — время падения осколка, полетевш. вверх

~~$v_{в} t_{в} + \frac{g t_{в}^2}{2} = v_{в} t_{н} + \frac{g t_{н}^2}{2}$~~
 ~~$v_{в} (t_{н} - t_{в}) = \frac{g}{2} (t_{н}^2 - t_{в}^2)$~~
 $v_{в} t_{в} + \frac{g t_{в}^2}{2} = \frac{g t_{н}^2}{2} - v_{в} t_{н}$

~~$\frac{m v_{в}^2}{2} = m g H$~~
 $v_{в}^2 = \frac{2K}{m} \Rightarrow v_{в} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v_{в} (t_{н} + t_{в}) = \frac{g}{2} (t_{н}^2 - t_{в}^2) \Rightarrow v_{в} = \frac{g}{2} \tau \quad (50 \frac{\text{м}}{\text{с}})$

3) Рассмотрим движение ооо лна, пенетвиш.
вниз



t - время от взрыва до паг. первого.
(так сказали организаторы!
тоже думаю, что неправда)
 v_{KB} - скорость его пад. перед. приземл.

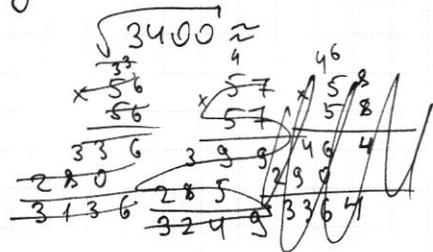
~~$v_B t + g t^2 = H$~~

$$v_B t + \frac{g t^2}{2} = H$$

$$\frac{g}{2} t^2 + \frac{g}{2} \tau t - H = 0$$

$$D = \left(\frac{g}{2} \tau\right)^2 + \left(H \cdot \frac{g}{2}\right) 4 = 2500 + 900 = 3400$$

$$t = \frac{\frac{g}{2} \tau \pm \sqrt{D}}{g} = \frac{-50 + 58}{10} = 0,4 \text{ c}$$



Ответ:
1) $H = 45 \text{ м}$
2) $t = 0,4 \text{ c}$

(условие противоречит себе, если считать через τ , то $v_B = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а если через энергию, то $v_B = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$)

~~Задача 3.~~

~~m - масса шара~~

~~F - сила, с которой шар действует на сферу~~

~~$F = 2mg$~~

~~1) $a = ?$~~

~~2) $\beta = 45^\circ$~~

~~$\mu = 0,8$~~

~~$R = 1 \text{ м}$~~

~~$v_{\text{min}} = ?$~~

~~23ч:~~

~~$x: -N \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = -ma$~~

~~$y: N \sin \alpha - mg = 0$~~

~~$N = \frac{mg}{\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}} = F = 2mg \Rightarrow \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1}{2}$~~

~~$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\sqrt{3}}{2}$~~

~~$ma = 2mg \cdot \sin \alpha = mg \sqrt{3}$~~

~~$a = g \sqrt{3}$~~

~~$a = 17,3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$~~

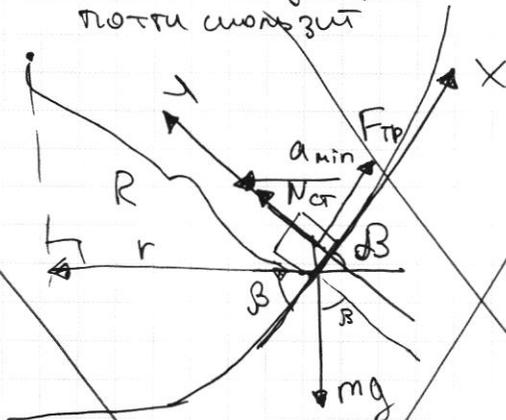
~~$\alpha = 30^\circ$~~

2) Т.к. $v = v_{min}$
 $a = a_{min} \Rightarrow F_{TP} \approx \mu N$

крайний случай,
 по сути условие

$$r = R \sin \beta$$

Из условия β



Т.к. $\beta = 45^\circ$
 $\sin \beta = \cos \beta$

234:

$$y: N \cos \beta - mg \cos \beta = m a_{min} \sin \beta$$

$$x: F_{TP} - mg \sin \beta = m a_{min} \cos \beta$$

$$N \cos \beta = m a_{min} \sin \beta + mg \cos \beta$$

$$\mu m a_{min} \sin \beta + \mu mg \cos \beta - mg \sin \beta = m a_{min} \cos \beta$$

$$a_{min} (\mu \cos \beta + \mu \sin \beta) = mg \cos \beta + g \sin \beta$$

$$a_{min} = \frac{g - g\mu}{1 + \mu} = \frac{2}{1,8}$$

$$\frac{v_{min}^2}{R \sin \beta} = a_{min} \Rightarrow v_{min} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2}{1,8 \cdot \sqrt{2}}}$$

~~Handwritten scribbles~~

~~2018~~
~~2014~~
~~1300~~
~~6~~
~~180~~
~~8~~
 144

~~$v_{min} = \sqrt{18 \cdot \sqrt{2}}$~~

$$v_{min} = \sqrt{a_{min} \cdot R \sin \beta}$$

$$v_{min} = \sqrt{\frac{g - g\mu}{1 + \mu} \cdot R \sin \beta} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot \sqrt{2}}{1,8 \cdot 2}} \approx 0,9 \frac{m}{c}$$

~~Handwritten scribbles~~

$$\frac{\sqrt{2}}{1,8} \approx 0,8$$

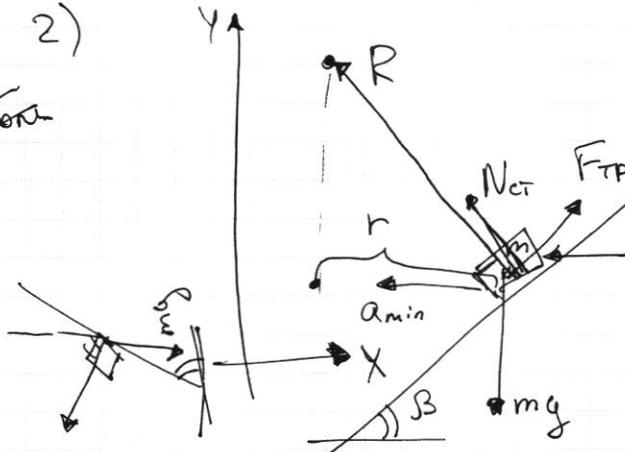
$$\sqrt{2} = 1,41$$

~~Handwritten scribbles~~

Ответ:
 1) $17,3 \frac{m}{c}$
 2) $0,9 \frac{m}{c}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~№4~~ 2)
 ~~$\vec{v} = \vec{v}_{\text{центр}}$~~
 ~~β~~
 ~~$\frac{v}{r}$~~



r — радиус окружности, по которой вращаются.

$$r = R \cdot \sin \beta$$

Если v_{min} , тогда и a должно быть a_{min}

23И:

$$x: -N_{ct} \cdot \sin \beta + F_{тр} \cos \beta = -m a_{\text{min}}$$

$$y: -mg + N_{ct} \cos \beta + F_{тр} \sin \beta = 0$$

$F_{тр} = \mu N_{ct}$
на грани покоя и скольжения.

$$N_{ct} = \frac{mg - F_{тр} \sin \beta}{\cos \beta}$$

$$F_{тр} \cos \beta + m a_{\text{min}} = N_{ct} \sin \beta$$

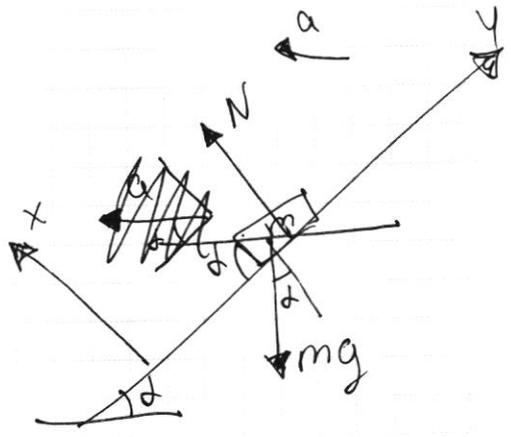
$$\mu \frac{mg - F_{тр} \sin \beta}{\cos \beta} \cos \beta + m a_{\text{min}}$$

$$mg = N \sin \alpha$$

$$m a = N \cos \alpha$$

$$mg = 2 m g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{2}$$



~~$\vec{v} = \vec{v}_{\text{центр}}$~~
 $a = ?$
 $N =$

$$2g = g \cos \alpha + a \sin \alpha$$

$$2g = g \cos \alpha + g \tan \alpha \sin \alpha$$

$$N = 2mg = mg \cos \alpha + m a \sin \alpha$$

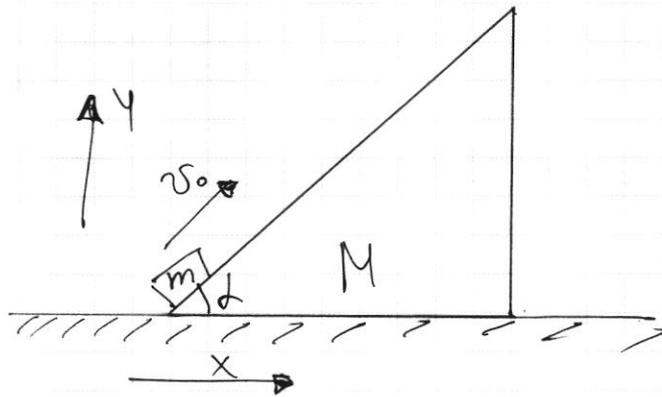
$$mg \sin \alpha = m a \cos \alpha$$

$$a = g \tan \alpha$$

$$a = g \tan \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{2}$
 $\cos \alpha = 0,6$
 v_0
 $H = 0,2 \text{ м}$
 $M = 2 \text{ м}$
масса иллка масса шайбы



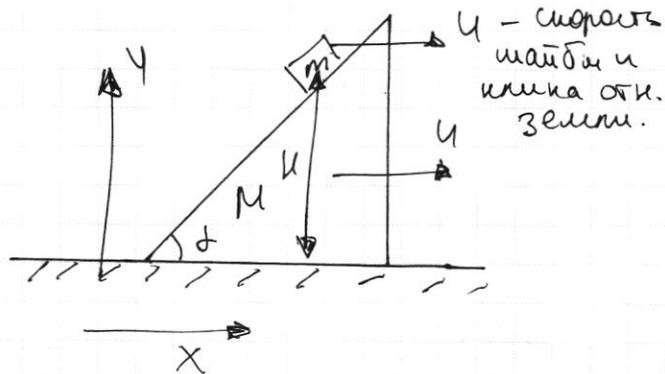
1) v_0 - ?
 2) v - ?

1) В верхней точке подъема шайба будет неподвижна относительно иллка.

2) В.С. Угла "m+M":

$$x: m v_0 \cos \alpha = (M+m) U$$

$$U = \frac{v_0 \cos \alpha}{3}$$



3) З.С.Э глас "m+M":

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{(m+M) U^2}{2} + m g H \quad | \cdot 2$$

$$m v_0^2 = 3m \left(\frac{v_0 \cos \alpha}{3} \right)^2 + 2 m g H$$

$$v_0^2 = \frac{(v_0 \cos \alpha)^2}{3} + 2 g H$$

$$v_0^2 - \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{3} = 2 g H \Rightarrow v_0^2 = \frac{2 g H}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 g H}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}}} = \sqrt{\frac{4}{1 - \frac{3}{25}}}$$

$$v_0 = \frac{2}{\sqrt{\frac{22}{25}}} = \frac{10}{\sqrt{22}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

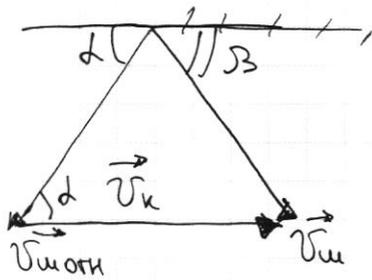
~~100/47~~
~~100/47~~
 98/21
 40

~~222~~
~~4/8 x 4/7~~
~~3/8 4/32 9~~
~~1/8 2/4 1/8~~
~~2/4 2/4~~

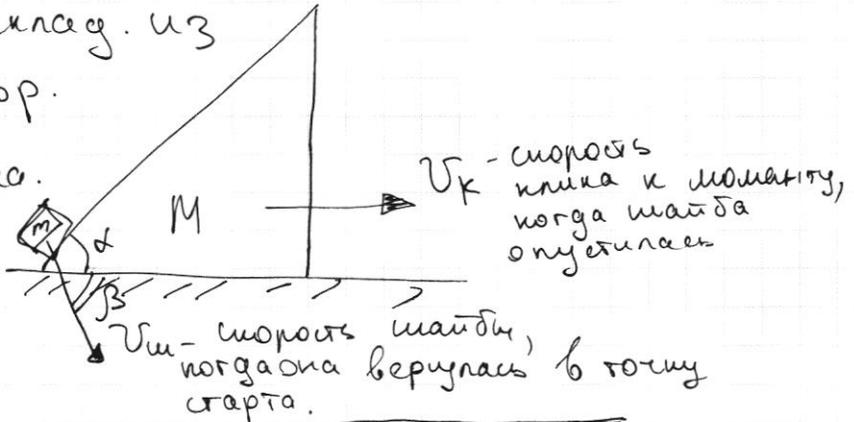
4) По З.С.С.

скорость шайбы складывается из скорости клина и скор.

шайбы относ. клина.



скорость шайбы отн. клина.



$v_к$ - скорость клина к моменту, когда шайба опустится

$v_ш$ - скорость шайбы, когда она вернется в точку старта.

$$v_ш = \sqrt{v_к^2 + v_ш^2}$$

5) З.С.У где "m+M":

x: ~~$m v_0 \cos \alpha = m v_к + m v_ш \cos \beta$~~

$$m v_0 \cos \alpha = 2m v_к + m v_ш \cos \beta$$

$$v_0 \sin \alpha = v_ш \sin \beta$$

~~$m v_ш \sin \beta =$~~
 ~~$= v_ш \sin \alpha$~~

6) З.С.Э где "m+M"

~~$\frac{3m v_0^2}{2} = m g h$~~

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{2m v_к^2}{2} + \frac{m v_ш^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2 v_к^2 + v_ш^2$$

$$v_0 \cos \alpha = 2 v_к + v_ш \cos \beta$$

$$v_0 \sin \alpha = v_ш \sin \beta$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) В (как и в процессе подъёма) процессе скатывания майба будет действовать на клин постоянная сила $N \Rightarrow$ клин будет иметь $a_k = \text{const} \Rightarrow$ можем рассмотреть движение клина, как равноускоренное. Сначала рассмотрим

майбу

$\psi: H = \frac{gt^2}{2}$, где t — время подъёма майбы на H .

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Клин за t ускорится на $v_0 \Rightarrow a_k = \frac{v_0}{t} = \frac{v_0}{\sqrt{\frac{2H}{g}}}$.

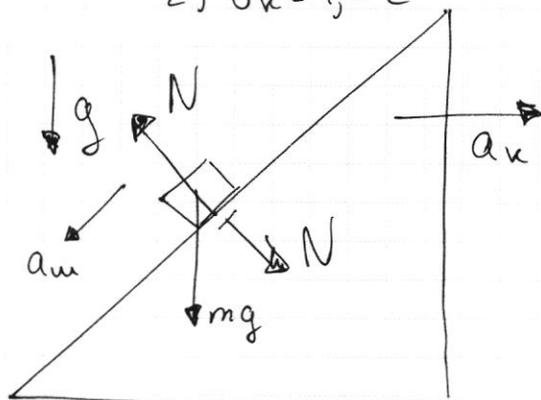
Если это же ускорение будет действовать еще время t (время до спуска майбы), он получит v_k .

$$\underline{v_k = a_k t + v_0 = 2v_0 = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

Ответ:

1) $v_0 = 2,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

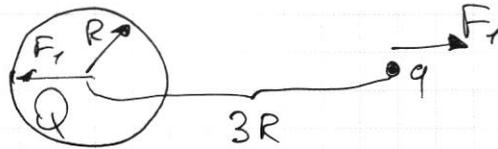
2) $v_k = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



Задача 5

$Q > 0$
 $q > 0$
 $3R$
 R

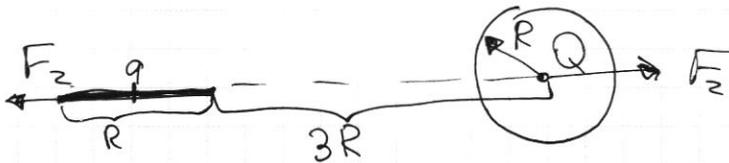
$$1) F_1 = \frac{kqQ}{(3R)^2} = k \frac{qQ}{9R^2}$$



Ответ:

$$1) F_1 = k \frac{qQ}{9R^2}$$

2)



Т.к. заряды по сфере и стержню распределены равномерно, можно считать, что заряды сосредоточены в точке.



$$F_2 = k \frac{qQ}{3,5^2 R}$$

$$\begin{array}{r}
 2 \\
 \times 3,5 \\
 \hline
 175 \\
 105 \\
 \hline
 12,25
 \end{array}$$

Ответ:

$$1) F_1 = k \frac{qQ}{9R^2}$$

$$2) F_2 = k \frac{qQ}{12,25R^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

$$F = 2mg$$

1) $a = ?$

2) $v_{\min} = ?$

$\mu = 0,8$

$R = 1 \text{ м}$

$\alpha = 45^\circ$

1) Как показано из условия, в 1 случае не учитываем μ, R, α , даем после 2 вопроса.

23И:

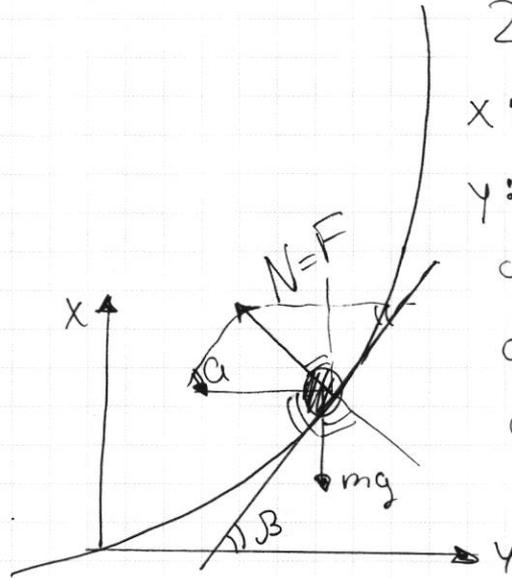
$$x: N \cdot \cos \beta = mg$$

$$y: N \cdot \sin \beta = ma$$

$$\cos \beta = \frac{1}{2}, \text{ т.к. } N = 2mg = F$$

$$a = 2g \cdot \sin \beta = 2g \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a = g\sqrt{3} = 17,3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



2)

$$v = v_{\min} \Rightarrow a = a_{\min}$$

$$\sin \alpha = \cos \alpha = k = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$F_{\text{тр}} = \mu N_{\text{ст}}$, почти падение (скольз)
т.к. a должно быть $a_{\text{max}} \text{ min}$

23И:

$$x: N_{\text{ст}} - mgk = m a_{\min} k \Rightarrow N_{\text{ст}} = m a_{\min} k + mgk$$

$$y: F_{\text{тр}} = mgk = -m a_{\min} k$$

$$\mu m a_{\min} k + \mu mgk - mgk = -m a_{\min} k$$

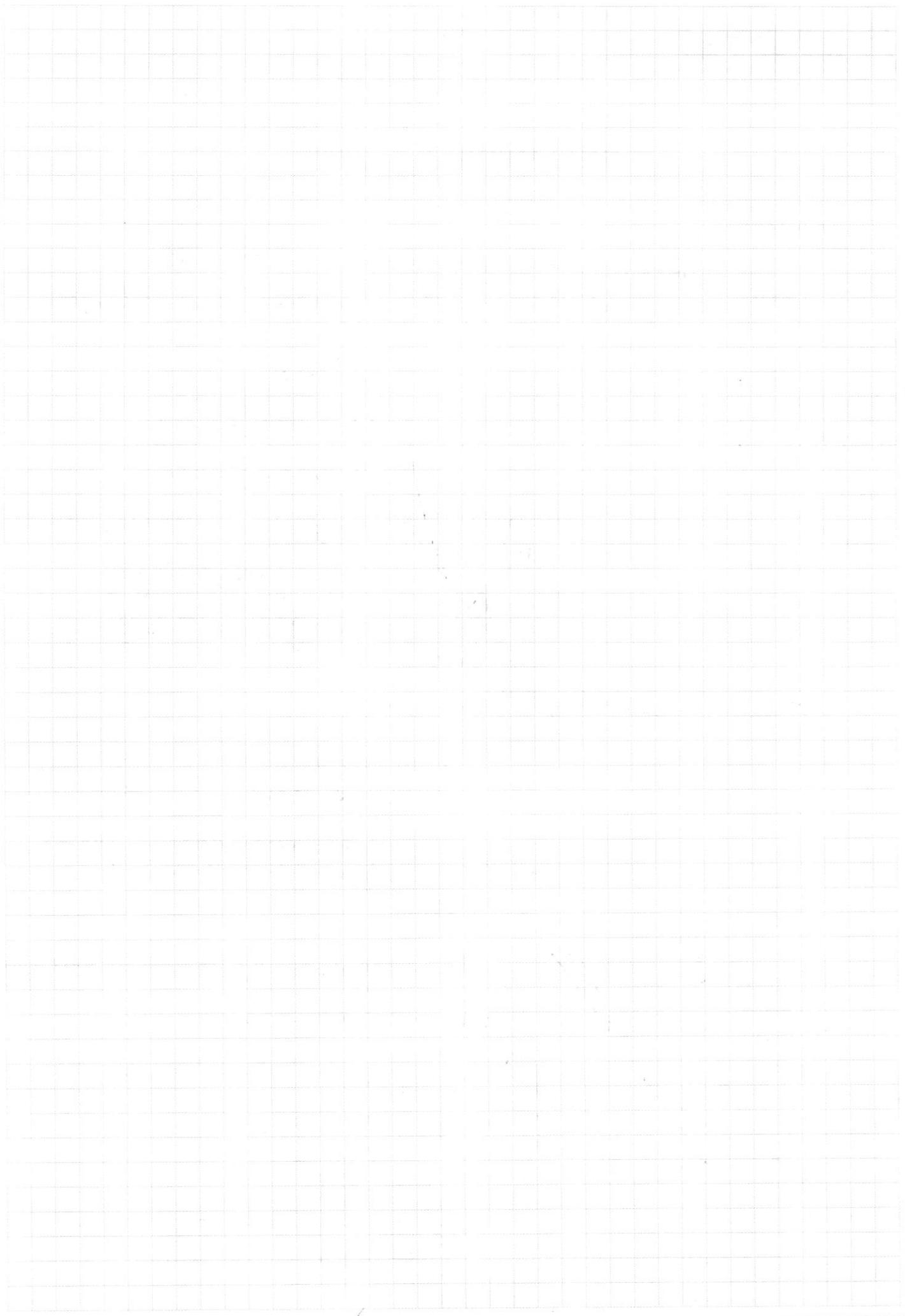
$$\mu a_{\min} + \mu g = g - a_{\min}$$

$$a_{\min} = \frac{g - \mu g}{1 + \mu} = \frac{v_{\min}^2}{Rk}$$

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{g - \mu g}{1 + \mu} \cdot Rk} = \sqrt{\frac{g}{1,8} \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Отвеч:

1) $17,3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ 2) $0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

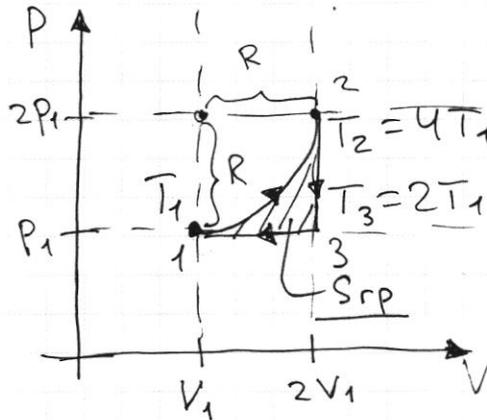
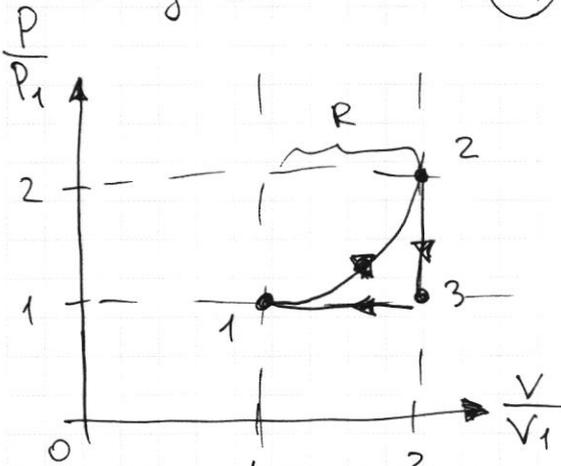
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.

(V_1) (P_1)

1) Q_{12} ? 2) A_{Σ} ?
3) η ?

$\nu = \text{const}$



~~88~~
550 | 57
- 513 | 0,96..
370

Менгел.-Клар.:

1) $p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_2 = 4T_1$
 $4p_1 V_1 = \nu R T_2$

~~2~~ $2p_1 V_1 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = 2T_1$

2) Процесс 1-2 ÷ 3-1:

$A_{\Sigma} = S_{гр} = p_1 V_1 - \frac{\pi}{4} V_1 p_1$

$A_{\Sigma} = p_1 V_1 (1 - \frac{\pi}{4}) = \underline{0,215 p_1 V_1}$

3) Процесс 1-2:

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$A_{12} = p_1 V_1 + A_{\Sigma} = \underline{1,215 p_1 V_1}$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{9}{2} p_1 V_1 = 4,5 p_1 V_1$

$Q_{12} = 5,715 p_1 V_1$

4) $\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_h}$

$Q_h = Q_{12}$

$Q_x = -Q_{23} - Q_{31} = \frac{11}{2} p_1 V_1$

$\eta = 1 - \frac{5,5}{5,715} = \underline{0,04}$

Ответ:

1) $Q_{12} = 5,715 p_1 V_1$

2) $A_{\Sigma} = 0,215 p_1 V_1$

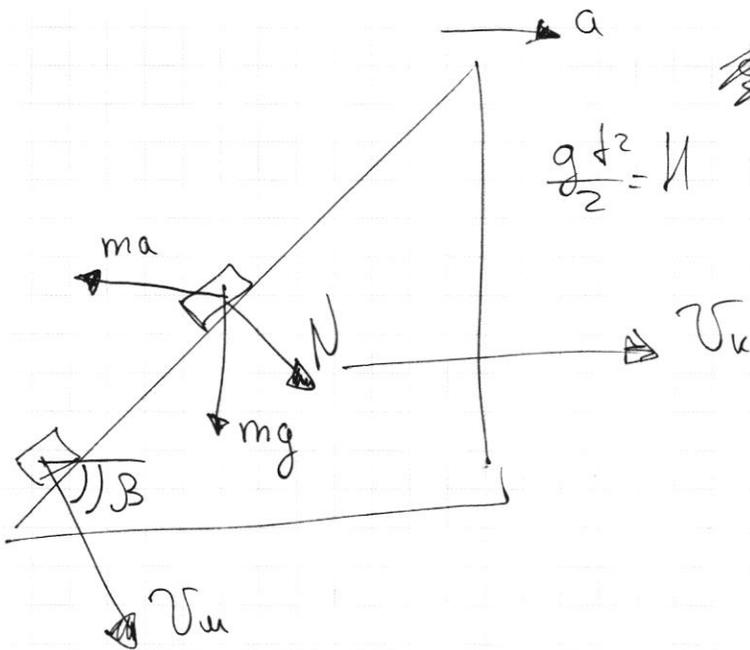
3) $\eta = 0,04 = 4\%$

$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (-2T_1) = -3 p_1 V_1$

$Q_{31} = -p_1 V_1 + \frac{3}{2} \nu R (-T_1) = -\frac{5}{2} p_1 V_1$

3. C. U.

~~$m \frac{v^2}{R}$~~



~~g~~
 $\frac{g t^2}{2} = 11$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 11}{g}}$$

0,4

0,04

$$H = 0,2$$

$$v_0^2 = v_u^2 + 2v_k^2$$

~~$v_0 \cos \alpha$~~

$$0,6 v_0 =$$